枯草芽孢杆菌和果寡糖联用对肉鸡生长性能的影响及其机理

朱沛霁[1,2]　徐　歆[2]　齐玉凯[2]　王洪荣[1*]

（1. 扬州大学动物科技学院，扬州 225000；2. 江苏立华牧业股份有限公司，常州 213100）

摘　要：本试验旨在研究枯草芽孢杆菌 048（BS048）和果寡糖（FOS）联用对雪山草鸡生长性能的影响及其机理。试验选用 980 只体重相近的 1 日龄雪山草鸡（公），随机分为 2 组，每组 7 个重复，每个重复 70 只鸡。对照组饲喂基础饲粮，试验组在基础饲粮中添加 0.1%（W/W）BS048 和 0.08%（W/W）FOS。试验期为 80 d。结果表明：与对照组相比，试验组雪山草鸡的平均日增重（ADG）、平均日采食量（ADFI）、空肠消化酶活性和盲肠挥发性脂肪酸（VFA）含量均显著或极显著提高（$P<0.05$ 或 $P<0.01$），小肠食糜黏度则极显著降低（$P<0.01$），而料重比、小肠食糜 pH 并无显著变化（$P>0.05$）。由此可见，BS048 和 FOS 联用，不仅能够降低小肠食糜黏度并提高空肠消化酶活性，增强肠道的消化功能，而且可以促进盲肠 VFA 的产生，维持并改善肠道健康状况，从而提高雪山草鸡生长性能。

关键词：枯草芽孢杆菌；果寡糖；雪山草鸡；消化功能；生长性能

中图分类号：S831　　　　　　文献标识码：　　　　　　文章编号：

近年来，在畜牧生产中使用抗生素的弊端日趋凸现，饲料添加剂的安全、高效、环保等问题越来越受到人们关注。如何获得一种无毒副作用、无残留，既能促进动物生长，又能改善动物性食品品质的添加剂，已经成为科研及畜牧生产领域的一个重要议题。芽孢杆菌（*Bacillus*）是一类需氧或兼性厌氧的革兰氏阳性菌，在一定条件下产生抗逆性内生孢子，具有抗逆性强、耐高温高压、易储存等多种优点。由于芽孢杆菌具有提高动物生长性能、增加饲料利用率、促进机体免疫、抗菌防病及促进动物胃肠道微生态平衡等多种功能[1]，并可在饲料制粒、贮存及胃酸环境中仍能保持较高的活性，其已被作为一类优质、安全的益生菌，开发成多种添加剂并广泛应用于畜禽生产。果寡糖（FOS）又称低聚果糖、寡果糖，是在蔗糖分子上以 β-1,2-糖苷键结合 n 个（n<8）*D*-果糖而成的寡糖的总称，具有低热值、稳定、安全无毒、黏度大、吸湿性强以及不被胃肠道消化等理化特性[2]。研究表明，FOS 能够显著提高家禽、猪、反刍动物和水产动物等的日增重及饲料转化率，改善肠道菌群结构并增强动物免疫力[3]。以往国内外学者大多单独研究芽孢杆菌或 FOS 对动物生长性能、肠道消化功

收稿日期：2016-01-18

基金项目：Danisco Animal Nutrtion 与扬州大学动物科技学院合作项目

作者简介：朱沛霁（1977—），男，江苏南通人，博士研究生，研究方向为微生态制剂与黄羽肉鸡营养。E-mail： 2568758585@qq.com。

*通信作者：王洪荣，教授，博士生导师，E-mail： hrwang@yzu.edu.cn

能与菌群结构等的影响[1-3]。而目前关于芽孢杆菌与 FOS 联用对黄羽肉鸡生长性能的影响及其机理的研究鲜有报道。雪山草鸡为优质黄羽肉鸡品种之一，是由江苏立华牧业股份有限公司科研人员，以中国优质地方良种藏鸡、茶花鸡为主要素材，经多种杂交选育而成的草鸡新品种，具有肉质鲜美、抗病能力强、饲养简单、经济效益高等优点。本研究旨在明晰枯草芽孢杆菌 048（BS048）和 FOS 联用对雪山草鸡生长性能的影响及其机理，从而为新型枯草芽孢杆菌制剂的开发及其在优质黄羽肉鸡生产中的应用提供科学依据。

1　材料与方法

1.1　试验材料

1 日龄雪山草鸡（公鸡，江苏立华牧业股份有限公司），BS048 制剂（山东宝来利来生物工程股份有限公司制备，活菌含量为 5×10^8 CFU/g），FOS（韩国 Samyang Genex 公司），总蛋白、淀粉酶、脂肪酶、胰蛋白酶测试盒（南京建成生物工程研究所），其他常规试剂[分析纯，生工生物工程（上海）股份有限公司]；雷磁 PHS-3C 型 pH 计（上海仪电科学仪器股份有限公司），UV-2100 型紫外可见分光光度计（尤尼柯（上海）仪器有限公司），7890B 气相色谱仪（美国 Agilent Technologies 公司）等。

1.2　试验方法

1.2.1　试验设计及饲养管理

选用 980 只 1 日龄雪山草鸡公鸡，体重（61.5±0.5） g，随机分为 2 组，每组设 7 个重复，每个重复 70 只。对照组饲喂基础饲粮，试验组在基础饲粮中添加 0.1%（W/W）BS048 和 0.08%（W/W）FOS。根据雪山草鸡的生长阶段，依次饲喂 C101（1~20 日龄）、C102（21~40 日龄）、C103（41~60 日龄）和 C104（61~80 日龄）4 种基础饲粮，上述饲粮均参照《鸡饲养标准》（NY/T 33-2004）配制，其组成及营养水平见表 1。

表 1　基础饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of basic diets (air-dry basis)　　%

项目 Items	含量 Content			
	C101	C102	C103	C104
原料 Ingredient				
玉米 Corn	50.96	56.83	61.12	62.56
次粉 Wheat middling	10.00	10.00	10.00	10.00
米糠粕 Solvent rice bran meal	1.15	1.22	1.17	1.30
豆粕 Soybean meal	30.68	23.33	17.90	15.63
玉米蛋白粉 Corn gluten meal	1.81	2.99	3.30	3.16
米糠油 Rice bran oil	1.50	2.00	3.00	4.00
石粉 Limestone	1.73	1.55	1.49	1.41

磷酸一氢钙和磷酸二氢钙 $CaHPO_4$&$Ca(H_2PO_4)_2$	1.07	1.00	0.94	0.86
氯化胆碱 Choline chloride	0.10	0.08	0.08	0.08
预混料 Premix[1)]	1.00	1.00	1.00	1.00
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]				
代谢能 ME/(MJ/kg)	11.84	12.26	12.68	12.97
粗蛋白质 CP	20.30	18.30	16.50	15.50
粗灰分 Ash	4.85	4.33	4.00	3.82
钙 Ca	0.95	0.85	0.80	0.75
总磷 TP	0.63	0.60	0.56	0.54
有效磷 AP	0.39	0.38	0.36	0.35

[1)]预混料可为每千克基础饲粮提供The premix provided the following per kg of basal diets：C101，VA 8 000 IU，VD_3 2 500 IU，VE 35 mg，VK_3 1.5 mg，VB_1 3 mg，VB_2 10 mg，VB_6 4 mg，泛酸 pantothenic acid 10 mg，烟酸 nicotinic acid 30 mg，叶酸 folic acid 0.5 mg，生物素 biotin 0.2 mg，Cu 6.5 mg，Fe 80 mg，Zn 65 mg，Mn 80 mg，I 0.6 mg，Se 0.2 mg；C102，VA 7 000 IU，VD_3 2 000 IU，VE 30 mg，VK_3 1.2 mg，VB_1 2.5 mg，VB_2 8 mg，VB_6 3.5mg，泛酸 pantothenic acid 8mg，烟酸 nicotinic acid 25 mg，叶酸 folic acid 0.4 mg，生物素 biotin 0.18 mg，Cu 6.5 mg，Fe 80 mg，Zn 65 mg，Mn 80 mg，I 0.6 mg，Se 0.2 mg；C103，VA 6 000 IU，VD_3 1 500 IU，VE 25 mg，VK_3 1 mg，VB_1 2 mg，VB_2 6 mg，VB_6 3 mg，泛酸 pantothenic acid 7 mg，烟酸 nicotinic acid 20 mg，叶酸 folic acid 0.35 mg，生物素 biotin 0.15 mg，Cu 6.5 mg，Fe 80 mg，Zn 65 mg，Mn 80 mg，I 0.6 mg，Se 0.2 mg；

C104，VA 5 000 IU，VD_3 1 000 IU，VE 20 mg，VK_3 0.8 mg，VB_1 1.5 mg，VB_2 5 mg，VB_6 2.2 mg，泛酸 pantothenic acid 7 mg，烟酸 nicotinic acid 20 mg，叶酸 folic acid 0.35 mg，生物素 biotin 0.15 mg，Cu 5.5 mg，Fe 70 mg，Zn 55 mg，Mn 60 mg，I 0.4 mg，Se 0.15 mg。

[2)] 营养水平为计算值。Nutrient levels were calculated value.

饲养试验在江苏立华牧业股份有限公司实验鸡场完成，试验期 80 d。饲养方式为地面平养，自由采食，充足饮水，24 h 光照，按正常免疫程序进行免疫接种，其他管理按常规进行。试验期间，每日观察鸡只的健康状况，记录死淘情况及耗料量。40 和 80 日龄称重，称重前禁食（自由饮水）12 h。试验结束后，计算试验鸡只的平均体重（ABW）、平均日增重（ADG）、平均日采食量（ADFI）和料重比（F/G）。

1.2.2　样品收集与指标测定

肉仔鸡饲养至 40 和 80 日龄，每组在称重后分别选取 28 只体重相近的健康鸡只（每个重复 4 只）屠宰取样。颈静脉放血处死后，打开腹腔，迅速分离并取出肠段（十二指肠、空肠、回肠和盲肠），将各肠段内的全部内容物轻轻挤出，收集至样品袋。将 pH 计的电极插入十二指肠、空肠、回肠的食糜中，测定 pH。之后将所有食糜样品浸入液氮短暂保存，再转移至-80 ℃超低温冰箱保存备用。

食糜黏度：取适量十二指肠、空肠和回肠内容物，混合均匀。称取（1.00±0.01） g 食

糜样品，加 6 mL 蒸馏水，涡旋振荡混合均匀，3 000× *g* 离心 5 min，移取上清液 5 mL，加入到品氏黏度计（φ0.6 mm）中，40 ℃恒温水浴 5 min 后测定食糜相对黏度。计算公式如下：

食糜相对黏度=食糜上清液流经毛细管所需时间（min）/同体积蒸馏水通过所需时间（min）。

消化酶活性：称取 0.2 g 左右的空肠食糜按 1：9（W/V）加入生理盐水，冰浴条件下匀浆 3 min，1 500× *g* 离心 10 min，取适量上清液，以试剂盒测定其中的总蛋白含量以及淀粉酶、脂肪酶和胰蛋白酶活性，按使用说明书操作。

挥发性脂肪酸（VFA）含量：盲肠食糜样品解冻后，称取 2 g 左右转入离心管内，1：2（W/V）加入超纯水，涡旋振荡混合均匀，10 000×*g*、4 ℃离心 15 min。取 1.5 mL 上清液加入 0.2 mL 8.2%（W/V）偏磷酸溶液，混和均匀，冰浴 40 min，10 000×*g*、4 ℃离心 10 min。取适量上清液，以气相色谱仪测定其中的乙酸、丙酸和丁酸含量。

1.3 数据的统计分析

采用统计软件 SPSS 22.0 分析数据，以独立性 *t* 检验进行 2 组比较，$P<0.05$ 为差异显著，$P<0.01$ 为差异极显著，$P>0.05$ 为差异不显著，$0.05<P<0.10$ 表示有变化趋势。试验数据用平均值±标准差表示。

2 结果与分析

2.1 生长性能

由表 2 可知，与对照组相比，试验组 ADG 和 ADFI 在本饲养试验的不同阶段均显著或极显著高于对照组（$P<0.05$ 或 $P<0.01$），其中前半程（1~40 日龄）分别提高了 6.047%（$P<0.05$）和 7.159%（$P<0.05$），后半程（41~80 日龄）分别提高了 8.166%（$P<0.01$）和 7.048%（$P<0.05$），全程（1~80 日龄）分别提高了 7.359%（$P<0.01$）和 7.077%（$P<0.01$）。对照组和试验组 1~40 日龄、41~80 日龄和 1~80 日龄的 F/G 均无显著差异（$P>0.05$）。

表 2　BS048 和 FOS 联用对雪山草鸡生长性能的影响

Table 2　Effects of the combined use of BS048 and FOS on growth performance of *Xueshan* chickens

组别 Groups	平均日增重 ADG/(g/d)			平均日采食量 ADFI/(g/d)			料重比 F/G		
	1~40 日龄 1 to 40 days of age	41~80 日龄 41 to 80 days of age	1~80 日龄 1 to 80 days of age	1~40 日龄 1 to 40 days of age	41~80 日龄 41 to 80 days of age	1~80 日龄 1 to 80 days of age	1~40 日龄 1 to 40 days of age	41~80 日龄 41 to 80 days of age	1~80 日龄 1 to 80 days of age
对照组 Control group	14.72±0.57	23.95±1.24	19.34±0.80	32.98±1.04	79.33±3.85	56.16±2.19	2.24±0.06	3.31±0.08	2.90±0.05
试验组 Experimental group	15.61±0.63*	25.91±1.04**	20.76±0.71**	35.34±0.84*	84.92±2.95*	60.13±1.71**	2.27±0.07	3.28±0.08	2.90±0.03

同列数据肩标*表示差异显著（*P*<0.05），**表示差异显著（*P*<0.01），不标星号表示差异不显著（*P*>0.05），下表同。

In the same column, values with * or ** mean significant different (*P*<0.05) or extremely significant different (*P*<0.01), while those with no asterisks mean no significant different (*P*＞0.05). The same as below.

2.2　肠道食糜黏度和 pH

由表 3 可知，试验组 40 和 80 日龄雪山草鸡的小肠食糜黏度分别比对照组降低了 3.474%（*P*<0.01）和 5.180%（*P*<0.01）。然而，与对照组相比，试验组小肠各部分（十二指肠、空肠和回肠）食糜的 pH 并无显著变化（*P*>0.05）。

表 3　BS048 和 FOS 联用对雪山草鸡小肠食糜黏度和 pH 的影响

Table 3　Effects of the combined use of BS048 and FOS on viscosity and pH of intestinal chyme of *Xueshan* chickens

组别 Groups	黏度 Viscosity		pH					
			十二指肠 Duodenum		空肠 Jejunum		回肠 Ileum	
	40 日龄 40 days of age	80 日龄 80 days of age	40 日龄 40 days of age	80 日龄 80 days of age	40 日龄 40 days of age	80 日龄 80 days of age	40 日龄 40 days of age	80 日龄 80 days of age
对照组 Control group	1.11±0.02	1.14±0.02	6.39±0.10	6.32±0.11	6.70±0.15	6.48±0.21	6.82±0.22	7.00±0.17
试验组 Experimental group	1.07±0.02**	1.08±0.01**	6.35±0.05	6.27±0.16	6.60±0.22	6.45±0.29	6.75±0.31	6.93±0.20

2.3　空肠消化酶活性

由表 4 可知，与对照组相比，试验组 40 和 80 日龄雪山草鸡空肠的淀粉酶活性分别升高了 44.594%（*P*<0.01）和 36.609%（*P*<0.01），而脂肪酶活性分别升高了 73.388%（*P*<0.01）和 73.278%（*P*<0.05），胰蛋白酶活性则分别升高了 38.985%（*P*<0.01）和 91.795%（*P*<0.01）。

表 4　BS048 和 FOS 联用对雪山草鸡空肠消化酶活性的影响

Table 4　Effects of the combined use of BS048 and FOS on duodenum digestive enzyme activities of *Xueshan* chickens

组别 Groups	淀粉酶 Amylase/(U/mg prot)		脂肪酶 Lipase/(U/g prot)		胰蛋白酶 Trypsin/(U/mg prot)	
	40 日龄 40 days of age	80 日龄 80 days of age	40 日龄 40 days of age	80 日龄 80 days of age	40 日龄 40 days of age	80 日龄 80 days of age
对照组 Control group	208.33±16.48	111.01±14.12	727.66±137.41	329.08±76.48	267.26±55.26	421.76±114.78
试验组 Experimental group	301.23±48.32**	151.65±26.12**	1261.68±179.41**	570.23±226.77*	371.45±38.77**	808.92±148.41**

2.4　盲肠 VFA 含量

由表 5 可知，与对照组相比，试验组 40 和 80 日龄雪山草鸡盲肠内容物中的乙酸含量分别增加了 51.348%（*P*<0.01）和 41.704%（*P*<0.01），而丙酸含量分别升高了 45.160%（*P*<0.05）和 52.676%（*P*<0.05），丁酸含量则分别升高了 85.258%（*P*<0.01）和 100.178%（*P*<0.01）。

表 5　BS048 和 FOS 联用对雪山草鸡盲肠 VFA 含量的影响

Table 5　Effects of the combined use of BS048 and FOS on caecum VFA contents of *Xueshan* chickens　　mg/g

组别 Groups	乙酸 Acetic acid		丙酸 Propionic acid		丁酸 Butyric acid	
	40 日龄 40 days of age	80 日龄 80 days of age	40 日龄 40 days of age	80 日龄 80 days of age	40 日龄 40 days of age	80 日龄 80 days of age
对照组 Control group	4.93±1.39	5.66±0.61	0.49±0.14	1.61±0.36	2.44±0.61	1.60±0.48
试验组 Experimental group	7.47±1.00**	8.02±1.18**	0.71±0.14*	2.46±0.69*	4.51±0.68**	3.21±0.54**

3　讨　论

生长性能是决定肉鸡品种经济效益的重要因素之一，具体包括 ADG、ADFI 和 F/G 等指标。本研究发现，在基础饲粮中添加 BS048 和 FOS，能够显著提高雪山草鸡不同生长阶段的 ADG 和 ADFI，这与易中华等[4]的研究结果相近。近年来的研究表明，枯草芽孢杆菌制剂[5-8]和 FOS[9-11]均对肉鸡的生长性能有显著的促进作用。而本研究结果表明，由 BS048 和 FOS 组成的合生元同样能够明显改善雪山草鸡的生长性能。同时，本实验室还发现，两者联用的效果优于其中一者单独使用的效果。上述结果证明，BS048 和 FOS 在促进雪山草鸡生长方面表现出良好的协同作用。

众所周知，动物生长发育所需的能量和营养物质主要来自于肠道对饲粮的消化和吸收。由此可知，动物的生长性能与其肠道的消化功能密切相关。而前文提及，枯草芽孢杆菌和 FOS 均可显著增强动物的肠道消化功能。因此，本研究探讨了 BS048 和 FOS 联用对雪山草鸡肠道消化功能的影响，以明晰其促生长作用的机理。本文中，基础饲粮中添加 BS048 和 FOS，能够显著降低雪山草鸡肠道食糜黏度并提高空肠消化酶活性。据文献报道，食糜黏度的降低，意味着其抗营养作用减弱，将导致食糜中的营养成分与内源消化酶和小肠壁接触的机会增加，营养物质从食糜中溶出的速度加快，从而促进营养物质的消化与吸收[12]。而消化酶活性的大幅增加，能够显著促进肠道对饲粮的化学性消化，加速分解其中的淀粉、脂肪、蛋白质等大分子营养物质，以被肠道吸收。可见，肠道食糜黏度的降低和消化酶活性的提高，可使肠道对饲粮消化吸收的能力和速度显著增加。这也意味着肠道的食糜排空速度加快，动物得以在一天内摄入更多的饲粮。而该推论正与 BS048 和 FOS 联用提高雪山草鸡不同生长阶段 ADFI 的试验结果相符。

VFA 是由反刍动物瘤胃和单胃动物后肠中的大量厌氧微生物（如双歧杆菌、乳酸菌等）

分解食糜中的碳水化合物产生的短链脂肪酸（碳原子数<5），包括乙酸、丙酸和丁酸等[13]。本研究发现，基础饲粮中添加 BS048 和 FOS，能够显著降低雪山草鸡盲肠 VFA 含量。芽孢杆菌为需氧菌，其进入动物肠道内，可消耗大量的游离氧，降低了肠道内氧浓度，抑制肠道中大肠杆菌、沙门氏菌等需氧菌的生长，并优化乳杆菌、双歧杆菌、乳酸杆菌等厌氧菌的生长环境[1]。而不能被内源性 α-淀粉酶、蔗糖酶、麦芽糖酶水解的 FOS，其大部分能顺利通过胃和小肠到达消化道后端，并可被双歧杆菌和乳酸菌发酵产生 VFA，且不能被梭状芽孢杆菌、大肠杆菌等有害菌利用[13]。同时，VFA 又可使肠道内 pH 下降，从而抑制肠道内病原菌（大肠杆菌、沙门氏菌等）的繁殖。由上可知，BS048 和 FOS 联用，能够更好地优化雪山草鸡的肠道菌群结构，从而维持并改善其肠道健康。而肠道健康正是雪山草鸡良好生长性能的前提和保证。

4 结 论

BS048 和 FOS 联用，不仅能够降低小肠食糜黏度并提高空肠消化酶活性，增强肠道的消化功能，而且可以促进盲肠 VFA 的产生，维持并改善肠道健康状况，从而提高雪山草鸡的生长性能。

参考文献：

[1] 鲍振国,张文举,胡猛,等.芽孢杆菌的研究进展及其在动物生产中的应用[J].饲料博览,2012(1):17–20.

[2] 胡静,朱亚骏,王鑫,等.果寡糖对动物肠道菌群影响的研究进展[J].粮食与饲料工业,2013(8):55–57.

[3] 胡静,郭春艳,王鑫,等.果寡糖在动物生产中的研究进展[J].粮食与饲料工业,2014,12(2):56–59.

[4] 易中华,胥传来,计成,等.果寡糖和枯草芽孢杆菌对肉鸡肠道菌群数量及生产性能的影响[J].中国畜牧杂志,2005,41(12):11–14.

[5] SEN S,INGALE S L,KIM Y W,et al.Effect of supplementation of *Bacillus subtilis* LS 1-2 to broiler diets on growth performance,nutrient retention,caecal microbiology and small intestinal morphology[J].Research in Veterinary Scienc,2012,93(1):264–268.

[6] 崔宇.枯草芽孢杆菌对 AA^+肉鸡生产性能及脾脏 *IL*-2 mRNA 表达量的影响[D].硕士学位论文.长春:吉林大学,2015:25–37.

[7] MOLNÁR A K,PODMANICZKY B,KÜRTI P,et al.Effect of different concentrations of *Bacillus subtilis* on growth performance,carcase quality,gut microflora and immune

response of broiler chickens[J].British Poultry Science,2011,52(6):658–665.

[8] 李卫芬,文静,吴红照,等.枯草芽孢杆菌对肉鸡生长性能和肠黏膜抗氧化及免疫功能的影响[J].中国畜牧杂志,2011,47(9):58–61.

[9] 仵天培,夏中生,黄建烨,等.果寡糖对黄羽肉鸡生产性能、血清生化指标及饲粮养分表观代谢率的影响[C]//中国畜牧兽医学会动物营养学分会第十一次全国动物营养学术研讨会论文集.北京:中国畜牧兽医学会动物营养学分会,2015.

[10] 张厂,胡先勤,郭福有,等.果寡糖对肉鸡生产性能、肠道菌群、消化酶活性及屠宰性能的影响[J].中国家禽,2007,29(15):14–16.

[11] XU Z R,HU C H,XIA M S,et al.Effects of dietary fructooligosaccharide on digestive enzyme activities,intestinal microflora and morphology of male broilers[J].Poultry Science,2003,82(6):1030–1036.

[12] 唐茂妍,刘俊奇,陈旭东.食糜黏度的形成及其抗营养机理的研究进展[J].饲料博览,2010(9):16–18.

[13] RICKE S C.Perspectives on the use of organic acids and short chain fatty acids as antimicrobials[J].Poultry Science,2003,82(4):632–639.

Effects of Combined Use of *Bacillus subtilis* and Fructooligosaccharide on Growth Performance of Chickens and Its Mechanism

ZHU Peiji[1,2]　XU Xin[2]　Qi Yukai[2]　WANG Hongrong[1*]

(1. *College of Animal Science and Technology, Yangzhou University, Yangzhou*, 225000 *China*; 2. *Lihua Livestock Company of Jiangsu Province, Changzhou*, 213100 *China*)

Abstract: The aim of this study was to investigate the effects of the combined use of *Bacillus subtilis* 048 (BS048) and fructooligosaccharide (FOS) on growth performance of *Xueshan* chickens and its mechanism. Nine hundred and eighty *Xueshan* chickens with similar weight were randomly divided into 2 groups with 7 replicates per group and 70 chickens per replicate. Chickens in the control group were fed a basal diet, and the others in the experimental group were fed the basal diet supplemented with 0.1% (W/W) BS048 and 0.08% (W/W) FOS). The experiment lasted for 80 days. The results showed as follows: compared with the control group, the average daily gain, average daily feed intake, duodenal digestive enzyme activities and cecal

volatile fatty acid (VFA) contents in the experimental group were significantly increased (P<0.05), whereas the viscosity of intestinal chime was significantly decreased (P<0.01), and the feed to gain ratio and pH of intestinal chime had no significant changes （P>0.05）. It is concluded that the combined use of BS048 and FOS not only reduce the viscosity of intestinal chyme and enhance the duodenal digestive enzyme activities to enhance intestinal digestive function, but also increase the cecal VFA contents to maintain and enhance intestinal health, thus improving the growth performance of *Xueshan* chickens.

Key words: *Bacillus subtilis*; fructooligosaccharide; *Xueshan* chickens; digestive function; growth performance

---

∗Corresponding author, professor, E-mail: hrwang@yzu.edu.cn （责任编辑　武海龙）